

学校编码: 10384

分类号\_密级\_\_

学 号: 23320081153325

UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

高动态范围与雾天  
彩色图像画质增强方法研究

Research on High Dynamic Range and Haze Color Image  
Quality Enhancement Methods

王鑫芯

指导教师姓名: 丁兴号 副教授

专 业 名 称: 信号与信息处理

论文提交日期: 2011 年 6 月

论文答辩时间: 2011 年 6 月

学位授予日期: 2011 年 6 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2011 年 6 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于  
年    月    日解密，解密后适用上述授权。

（        ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年    月    日

## 摘 要

彩色图像增强是图像处理领域里重要的一部分,利用彩色图像增强技术,可以增强图像的视觉效果,提高人眼对图像的辨别能力,使处理后的彩色图像更适后续的分析研究。彩色图像中包含了丰富的细节信息和颜色信息,对彩色图像进行增强处理,不仅要使图像细节清晰,更要保持图像原有的颜色。

本文在分析现有的彩色图像增强算法的基础上,针对高动态范围彩色图像和雾天彩色图像各自的特点分别进行增强处理,主要研究内容和成果如下:

1. 由于现有显示设备和人眼识别的限制,高动态范围彩色图像视觉效果很差,并且现有彩色图像增强方法应用于高动态范围彩色图像增强会产生颜色失真和光晕现象。针对以上问题,提出一种新的高动态范围彩色图像增强方法,可有效压缩图像的动态范围,消除环境光对图像的影响,抑制颜色失真和光晕现象。该方法主要分为三部分:获取亮度图像和背景图像、自适应调节和颜色恢复,核心为借助彩色双边滤波获取原始彩色图像的背景图像,同时采用线性的颜色恢复算法保持图像的本来颜色。彩色双边滤波在常规滤波的基础上将彩色图像的颜色信息考虑在内,能更准确地获取背景图像,有效抑制常规滤波导致的光晕现象。实验证明,该方法可很好地改善高动态范围彩色图像的视觉效果,增强后的彩色图像细节清晰,颜色逼真。

2. 针对基于大气散射物理模型的雾天彩色图像增强方法算法复杂的问题,提出一种新的雾天彩色图像增强方法,可有效提高图像的视觉效果并降低算法的复杂度。由于大气的散射作用,雾天彩色图像对比度低、景物模糊。本文分析雾天彩色图像的成因,对现有雾天彩色图像增强方法进行研究,提出新的图像增强方法,在增强图像对比度的同时使景物清晰化,达到更好的视觉效果,并对增强中出现的颜色失真现象加以修正。大量实验显示该方法可有效增强雾天彩色图像的视觉质量,达到很好的清晰化效果。

**关键词:** 彩色图像增强; 高动态范围; 雾天彩色图像; 彩色双边滤波; 大气散射

## ABSTRACT

Color image enhancement is an important part in the image processing field. Using the color image enhancement technology could make color image own better visibility, improve the resolving ability of human eyes and make the color image more convenient to following analysis and research. Color image contains abundant details and color information, so enhancing color image not only make the details more clear, but also maintain the original color.

In this article, considering the features of the high dynamic range color image and haze color image, we analyse the existing color image enhancement algorithms and propose the new enhancement algorithms. The main contents and results are as follows:

1. As a result of the limits of display devices and human eyes, the HDR color image has poor visibility. Meanwhile, traditional color image enhancement algorithms have color distortion or halo phenomenon in the processing of HDR color image. For the problems, a new high dynamic range color image enhancement algorithm is proposed. This new algorithm can compress the dynamic range, reduce the impact of ambient light, and decline halo and color distortion. The algorithm is divided into three main parts: obtain luminance image and background image, adaptive adjustment and color restoration. The most important part of this algorithm is to obtain the background image of the original color image by color bilateral filter. Meanwhile, the algorithm maintains the original color of color image by a linear color restoration algorithm. Unlike traditional filter, color bilateral filter takes the color information into consideration to get more accurate background image, so that reduce the halo. Experiments show that the algorithm can improve the color image's visibility, the details of the enhanced image are clear, and the color is fidelity.

2. Most of the haze color image enhancement algorithms based on scattering model of atmosphere are complexity, as a result, a new haze color image enhancement algorithm is proposed in the article. Because of the scattering mechanisms of atmosphere, haze color image's contrast reduces and the scene is not clear. According to the causes of haze color image, we propose the new image enhancement algorithm on researching haze color image enhancement algorithms. The new color image enhancement algorithm can preserve visual details, get much better visibility and restrain color distortion. A large number of experimental results show that the algorithm can improve the haze color image's quality and make it more clearly.

**Key Words:** Color image enhancement; High dynamic range; Haze color image; Color bilateral filter; Atmospheric scattering

# 目 录

<b>第一章 绪论</b>	<b>1</b>
1.1 课题研究的目的和意义	1
1.2 国内外研究现状	2
1.3 课题研究内容及论文组织结构	3
<b>第二章 人眼视觉特性和彩色图像增强基础理论</b>	<b>6</b>
2.1 人眼视觉特性	6
2.1.1 人眼的构造及人眼中图像的形成	6
2.1.2 人眼的视觉感知特性	8
2.2 彩色图像表示和颜色空间	10
2.3 彩色图像光学模型	13
2.3.1 Retinex 理论模型	13
2.3.2 大气散射物理模型	14
2.4 彩色图像增强	16
2.5 彩色图像质量评价	19
<b>第三章 基于彩色双边滤波的高动态范围彩色图像增强方法</b>	<b>21</b>
3.1 引言	21
3.2 现有彩色图像增强方法研究	22
3.3 基于彩色双边滤波的高动态范围彩色图像增强方法	27
3.3.1 获取亮度图像和背景图像	29
3.3.2 自适应调节	33
3.3.3 颜色恢复	34
3.4 实验结果与分析	34
3.4.1 高动态范围彩色图像增强结果	34
3.4.2 其他实验结果	37
3.5 本章小结	39
<b>第四章 基于简化暗通道估计的雾天彩色图像增强方法</b>	<b>40</b>

4.1 引言 .....	40
4.2 现有的雾天彩色图像方法 .....	41
4.2.1 基于大气散射物理模型的方法 .....	47
4.2.2 基于图像对比度增强的方法 .....	48
4.3 基于简化暗通道估计的雾天彩色图像增强方法 .....	46
4.3.1 获取图像的背景图像和亮度图像 .....	47
4.3.2 基于大气散射模型的彩色图像增强 .....	48
4.3.3 颜色修正 .....	50
4.4 实验结果与分析 .....	52
4.5 其他实验结果 .....	54
4.6 本章小结 .....	55
第五章 总结与展望 .....	56
参考文献 .....	57
攻读学位期间科研成果 .....	62
致 谢 .....	63



# Table of Contents

<b>Chapter1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
1.1	The objects and significanies of the study.....	1
1.2	The actuality and achievement at home and abroad.....	2
1.3	The main work and content arrangements of this paper.....	3
<b>Chapter2</b>	<b>Basic theory of color image enhancement.....</b>	<b>6</b>
2.1	Human visual characteristics.....	6
2.1.1	Human eye's structure and the formation of the image.....	6
2.1.2	Human visual perception.....	8
2.2	Color image representation and color space.....	10
2.3	Color image optical model.....	13
2.3.1	Retinex model.....	13
2.3.2	Scattering model of atmosphere.....	14
2.4	Color image enhancement.....	16
2.5	Color image quality assessment.....	19
<b>Chapter3</b>	<b>HDR color image enhancement algorithm on color bilateral filter.....</b>	<b>21</b>
3.1	Introduction.....	21
3.2	Color image enhancement algorithm.....	22
3.3	HDR color image enhancement algorithm on color bilateral filter.....	27
3.3.1	Obtain luminance image and background image.....	29
3.3.2	Adaptive adjustment.....	33
3.3.3	Color restoration.....	34
3.4	Experimental results and analysis.....	34
3.4.1	HDR color image enhancement results.....	34
3.4.2	Other experimental results.....	37
3.5	Conclusion.....	39

<b>Chapter4 Haze color image enhancement algorithm with simple dark channel prior .....</b>	<b>40</b>
<b>4.1 Introduction.....</b>	<b>40</b>
<b>4.2 Existing haze color image enhancement algorithm.....</b>	<b>41</b>
4.2.1 Algorithm based on atmospheric scattering model .....	47
4.2.2 Algorithm based on image contrast enhancement .....	48
<b>4.3 Haze color image enhancement algorithm with simple dark channel prior .....</b>	<b>46</b>
4.3.1 Obtain luminance image and background image.....	47
4.3.2 Color image enhancement .....	48
4.3.3 Color correction.....	50
<b>4.4 Experimental results and discussion.....</b>	<b>52</b>
<b>4.5 Other experimental results .....</b>	<b>54</b>
<b>4.6 Conclusion.....</b>	<b>55</b>
<b>Chapter5 Conclusion and expectations .....</b>	<b>56</b>
<b>References .....</b>	<b>57</b>
<b>Achievements during master study .....</b>	<b>62</b>
<b>Acknowledgements .....</b>	<b>63</b>

## 第一章 绪论

### 1.1 课题研究的目的和意义

21 世纪是一个信息的时代，现在全世界的信息化程度越来越高。日常生活中我们所接触的各种信息里，图像信息是必不可少的，它更直观地反映了信息所要表达的意思。

图像是自然景物的客观反映，是人类视觉的基础。但是，由于各种原因，我们得到的图像资料往往不能够满足人们的要求。一般情况下，图像经过传送和转换会造成图像质量的下降，摄影时由于光照条件不足或过度会使图像过暗或过亮，光学系统失真、相对运动、大气流动等都会使图像变模糊，传送过程中还有可能引入各种不同类型的噪声。这种情况使得获取的图像视觉效果变差，不利于人眼识别，这时就需要对图像进行处理，改善图像质量，使其满足人们的要求。

图像增强是图像处理中很重要的一部分。图像处理指应用一系列方法获取、校正、增强、变换或压缩可视图像的技术，目的是提高图像的相对质量，以便提取需要的信息。图像增强是突出图像中我们需要的信息，抑制不需要的信息，增强图像的视觉效果，将原始图像转换成一种更加适合于应用（如人眼观察和计算机分析处理）的形式。图像增强一般借助于人眼视觉特性，使得处理后的图像看起来有较好的视觉效果，很少涉及统一的标准。

目前的灰度图像增强技术发展的已经比较成熟，提出了很多经典的算法，但是直接将灰度图像增强算法应用于彩色图像并不合适。彩色图像相较于灰度图像还具有丰富的颜色信息，彩色图像增强不仅要增强图像的细节，还要保持图像的本来色彩，比灰度图像增强更加复杂。

生活中我们接触到的图像大多是彩色图像，研究彩色图像增强方法具有重要的实际意义。彩色图像增强的目的是提高彩色图像的质量，增强图像细节的同时保持彩色图像原有的颜色，改善彩色图像的视觉效果。目前的彩色图像增强中，除了经典的直方图均衡化，小波变换外，还涌现出很多新的方法，如 Retinex、仿生学方法、神经网络等等。这些方法都有各自的优缺点，尚无一种方法能完全解决所有问题。

彩色图像的内容多种多样,目前还没有哪一种彩色图像增强方法能对所有的彩色图像都达到很好的增强效果。本文中针对高动态范围和雾天彩色图像各自的特点研究对该类彩色图像的增强方法,可达到良好的处理效果。

## 1.2 国内外研究现状

图像增强是图像处理的重要组成部分,传统的图像增强方法对于改善图像质量发挥了重要作用,并且,随着对图像技术研究的不断深入和发展,新的图像增强方法不断出现。彩色图像增强是图像增强很重要的一部分,其发展历史不长,但已经引起了很大的关注,截至目前已经形成很多彩色图像增强理论,也研究出一些比较成熟的彩色图像增强技术。

目前国内外已经提出了许多彩色图像增强方法,但大致可以分为如下几类:

1. 空域彩色图像增强方法。空域是组成图像的像素的集合,空域图像增强主要是对图像中的像素值进行处理。目前的空域图像增强方法主要有直接灰度变换方法(如灰度翻转、对比度扩展、灰度切片等)、基于直方图的增强方法<sup>[1][2][3][4]</sup>(如直方图均衡化、直方图规定化等)、图像的空域平滑和锐化处理等等。这些方法对于图像增强效果比较明显,但它们都是对整幅图像的信息进行操作,没有利用图像的局部信息,且运算复杂度高,对边界的处理效果不好。

2. 频域彩色图像增强方法。频域图像增强主要是对图像的频谱成分进行处理,很多采用滤波增强技术,如低通滤波技术、高通滤波技术、带通滤波技术、同态滤波技术等等。这类方法的处理效果不错,算法比较简单,并且很多滤波技术目前比较成熟,实现起来比较容易。但是频域图像增强方法仍是对整幅图像进行处理,其边缘的处理效果不是很理想。

3. 变换域彩色图像增强处理方法。利用图像处理域的变换进行图像增强处理,如傅氏变换、余弦变换、小波变换<sup>[5~11]</sup>、Contourlet 变换<sup>[12]</sup>等等。这类方法是近年来发展起来的一种新的图像增强技术,研究的比较热。

4. 数字形态学彩色图像增强方法。随着数字形态学的发展,越来越多的算法采用形态学的理论。数字形态学是用具有移动形态的结构元素去亮度和提取图像中的对应形状,以达到对图像分析和识别的目的<sup>[13]</sup>。基于数字形态学的形态滤波器可借助于先验图像的几何信息达到很好的处理效果。

5. 仿生学彩色图像增强方法。自人类视觉特性提出以来,它就被广泛应用于图像增强处理中。现有很多彩色图像增强方法都从人类视觉特性出发考虑,很好地改善了图像的视觉效果<sup>[14~17]</sup>。

另外,针对不同的彩色图像类型,也研究出了许多不同的增强方法,如模糊彩色图像增强方法、遥感彩色图像增强方法、医学彩色图像增强方法等等。

这些彩色图像增强方法都有不错的处理效果,但每一种方法都有其局限性和缺陷,尚无一种方法能很好的克服这些问题。

彩色图像因具有颜色信息使得其看起来更加生动逼真,但也给彩色图像增强带来了更大的挑战。彩色图像增强不仅要增强图像细节,提高图像的清晰度,更要保持彩色图像原有的颜色,使其具有更好的视觉效果。传统的彩色图像增强方法很难在这两者之间都到达很好的效果,在增强图像细节的同时保持图像的颜色不失真。如何在彩色图像细节增强和颜色保真上均达到不错的处理效果是目前研究的一个重要方面,课题组也一直致力于该研究。

### 1.3 课题研究内容及论文组织结构

本课题致力于研究彩色图像增强方法,主要包括两部分内容:

#### (1) 高动态范围彩色图像增强方法

高动态范围彩色图像是指具有很大动态范围的彩色图像。人眼在同一时刻所能识别的动态范围是有限的,高动态范围彩色图像由于其高出 256 级别的动态范围,使得人眼无法很好地分辨,看起来不清晰,同时现有的一般显示设备还无法很好地显示动态范围如此大的彩色图像。因此,为使高动态彩色图像更利于人眼识别和机器处理,我们需要对其进行增强处理,压缩图像的动态范围,改善图像质量,增强图像的视觉效果。

目前有很多的彩色图像增强方法都可用于高动态范围彩色图像增强,如比较经典的 Retinex 理论。Retinex 理论及其发展而来的很多彩色图像增强方法将彩色图像分为照射分量和反射分量,核心是照射分量的估计。它们能很好地压缩高动态范围彩色图像的动态范围,降低环境光对图像的影响,提高图像的质量,但各自算法都存在一定的缺陷。本文中针对现有彩色图像增强方法中的不足,针对高动态范围彩色图像提出一种新的图像增强方法,可达到更好的处理效果。现有

彩色图像增强方法中很重要的一部分就是采用滤波算法获取原始彩色图像的背景图像，背景图像获取的越准确，增强后彩色图像的视觉效果越好。目前常用的滤波方法大都是常规滤波，处理后的彩色图像边缘处存在光晕现象。该方法中在常规滤波的基础上，专门针对彩色图像提出一种新的彩色双边滤波方法用于彩色图像处理。彩色双边滤波综合考虑彩色图像所具有的距离、像素和颜色三方面信息，依据这些信息来确定滤波器参数，能更准确地获取背景图像，使得增强后的彩色图像具有更好的视觉效果，图像质量得到明显的提高。

## (2) 雾天彩色图像增强方法

天气的变化对图像的影响很大，雾天彩色图像受大气散射的影响显得有些模糊，可见度和对比度都很低，且雾气越浓图像视觉效果越差。雾天是生活中很常见的一种天气状况，为了对在这类天气下获取的彩色图像进行分析，需要对雾天彩色图像进行增强处理，降低雾气对图像的影响，使场景内的物体更加清晰明了，便于人眼识别。

生活中我们接触到的大多是单幅雾天彩色图像，依据大气散射物理模型对单幅雾天彩色图像进行处理时涉及到很多的参数估计，这类方法大多很复杂，实际实现时有一定难度。本文中针对此问题，依据大气散射物理模型，提出一种新的雾天彩色图像增强方法，可有效降低算法复杂度和提高图像质量。该方法将彩色图像分为背景图像和亮度图像两部分进行处理，核心是根据估计雾天彩色图像的传输函数。该方法分析雾天时的大气散射对图像的影响，通过彩色双边滤波获取的背景图像，根据背景图像估计传输函数，借鉴图像的直方图修正处理中的颜色失真。该方法结构简单，计算量小，易于实现，并且可有效提高雾天彩色图像的视觉效果。

整篇论文的组织结构如下：

第一章：简要介绍课题研究的目的是和意义，分析该课题在国内外的研究现状。阐述课题的研究方向，课题主要研究内容为高动态彩色图像增强和雾天彩色图像增强。最后对论文的组织结构进行说明。

第二章：简要介绍彩色图像增强相关的基础知识，分析人眼的视觉特性及其在彩色图像增强上的重要地位，阐述彩色图像的光学模型，采用彩色图像质量评价方法评价彩色图像增强方法的优劣。

第三章：详细介绍高动态范围彩色图像增强方法。针对现有的彩色图像增强方法中的不足和高动态范围彩色图像的特点，提出一种新的彩色图像的增强方法，能很好地压缩图像的动态范围，改善图像的质量，提高图像的视觉效果，使其更利于人眼识别和计算机处理。

第四章：详细介绍雾天彩色图像增强方法。分析了雾天彩色图像视觉效果降低的原因，依据大气散射物理模型，针对现有算法复杂度高的特点，提出新的图像增强方法，改善图像的视觉质量，并降低算法复杂度，使其更适合实际应用。该方法建立在大量的实验基础上，实验证明该方法能到达不错的增强效果。

第五章：对本文的工作进行总结，并对今后的工作进行展望。

## 第二章 彩色图像增强基础理论

### 2.1 人眼视觉特性

#### 2.1.1 人眼的构造及人眼中图像的形成

眼睛是人体器官中重要的一部分，也是我们直接与外界世界相联系的一个重要工具。人的眼睛位于眼眶内，外观上近似一个圆球，其平均直径大约为 20mm。图 2.1 为人眼的横截面简图。

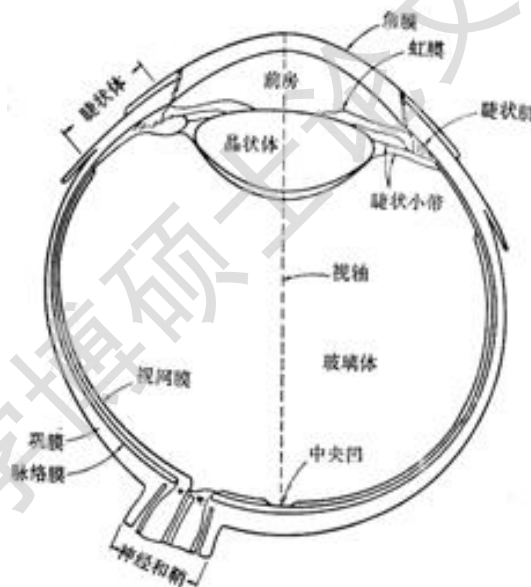


图2.1 人眼横截面简图

从图 2.1 中可以看出人眼由三层薄膜包围着，即角膜和巩膜外壳、脉络膜、视网膜。角膜是一种硬而透明的组织，覆盖着眼睛的前表面。巩膜与角膜相连，是一层包围着眼球其余部分的不透明膜。脉络膜位于巩膜的下面，这层膜包含血管网，是眼睛的重要滋养源，它的外壳着色很重，有助于减少进入眼内的外来光和眼球内反向散射光的数量。在脉络膜的最前面分为睫状体和虹膜。虹膜的收缩控制着进入眼睛的光量。虹膜中间开口处（瞳孔）的直径是可变的，范围大约在 2~8mm。虹膜的前部有眼睛的可见色素，后部有黑色素。视网膜是一层透明



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库